

Biomédica 2008;28:404-13

## ARTÍCULO ORIGINAL

## Validación por hidrodensitometría de ecuaciones de pliegues cutáneos utilizadas para estimar la composición corporal en mujeres

Juan Carlos Aristizábal, María Teresa Restrepo, Amalia López

Departamento de Formación Académica, Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

**Introducción.** Las ecuaciones de pliegues cutáneos son ampliamente utilizadas para estimar la composición corporal; sin embargo, en nuestra población no se han validado contra un método de referencia.

**Objetivo.** Validar por hidrodensitometría las ecuaciones de Durning/Womersley, Jackson/Pollock y Ramírez/Torun en mujeres de 18 a 40 años.

**Materiales y métodos.** Se comparó el porcentaje de grasa de 52 mujeres obtenido por hidrodensitometría, medición simultánea del peso bajo el agua (báscula *Chatillon*) y del volumen pulmonar residual (espirómetro VMAX 22 *Sensormedics*), con el estimado por las ecuaciones de pliegues cutáneos (calibrador *Harpender*) de Durning/Womersley, Jackson/Pollock y Ramírez/Torun. Para el análisis estadístico se utilizaron la *t* de Student pareada, los coeficientes de correlación de Pearson e intraclass, y el método de Bland-Altman.

**Resultados.** El porcentaje de grasa obtenido por hidrodensitometría ( $29,6 \pm 5,8$ ) presentó diferencias ( $p < 0,000$ ) con el estimado por la ecuación de Durning/Womersley ( $34,2 \pm 4,5$ ), Jackson/Pollock ( $25,7 \pm 5,6$ ) y Ramírez/Torun ( $32,0 \pm 5,3$ ). Hubo correlación ( $p = 0,000$ ) entre la hidrodensitometría y cada ecuación ( $r$  entre 0,62 y 0,72). El coeficiente de correlación intraclass entre la hidrodensitometría y las ecuaciones fue significativo ( $p = 0,000$ ) y osciló entre 0,42 y 0,62. Los límites de concordancia entre la hidrodensitometría y las ecuaciones tuvieron una amplitud que osciló entre 16,5 y 17,1.

**Conclusión.** Las ecuaciones de pliegues cutáneos presentaron pobre validez en la predicción del porcentaje de grasa, con diferencias significativas con la hidrodensitometría, una baja concordancia y unos amplios límites de ésta, lo cual, sugiere que sus resultados no son comparables ni intercambiables con este método.

**Palabras clave:** estudios de validación, densitometría, antropometría, grosor de pliegues cutáneos, composición corporal, índice de masa corporal, mujeres.

### Validation by hydrodensitometry of skinfold thickness equations used for female body composition assessment

**Introduction.** Skinfold thickness equations are widely used for body composition assessment. However the equations have not been validated in Colombia with a reference method.

**Objective.** The skinfold thickness equations of Durning/Womersley, Jackson/Pollock and Ramírez/Torun were validated by hydrodensitometry in female from 18 to 40 years old.

**Materials and methods.** The percentage of body fat was compared among 52 women, using underwater weighing (Chatillon scale) with simultaneous measured of residual lung volume (VMAX 22 Sensormedics spirometer) and skinfold thickness (Harpender caliper) equations of Durning/Womersley, Jackson/Pollock and Ramírez/Torun. The statistic analysis included paired *t* test, Pearson and intraclass correlation coefficients, and the Bland-Altman method.

**Results.** The mean percentage of body fat by hydrodensitometry ( $29.6 \pm 5.8\%$ ) was different ( $p < 0.001$ ) from those obtained with Durning/Womersley ( $34.2 \pm 4.5\%$ ), Jackson/Pollock ( $25.7 \pm 5.6\%$ ) and Ramírez/Torun ( $32.0 \pm 5.3\%$ ) equations. The correlation coefficient was significant ( $p < 0.001$ ) between hydrodensitometry and each one of the equations ( $r$  between 0.62 and 0.72). Intraclass correlation was significant ( $p < 0.001$ ) between hydrodensitometry

and each of the equations and varied from 0.42 to 0.62. The agreement limits between hydrodensitometry and each of the equation had a width between 16.5 and 17.1.

**Conclusion.** The skinfold thickness equations showed poor validity for body fat assessment. The equations had significant differences and lower correlation coefficients with hydrodensitometry. In addition, the equations indicated agreement with hydrodensitometry over very wide limits. The outcomes suggested that the results obtained by hydrodensitometry were neither comparable nor interchangeable with those from Durnin/Womersley, Jackson/Pollock y Ramírez/Torun skinfold thickness equations.

**Key words:** Validation studies, densitometry, anthropometry, skinfold thickness, body composition, body mass index, female.

Según la Organización Mundial de la Salud, la obesidad se define como la acumulación excesiva de grasa corporal que afecta negativamente la salud y el bienestar de las personas (1). La obesidad es un problema de salud pública que se asocia con un mayor riesgo de sufrir hipertensión, enfermedad cardíaca, diabetes y cáncer, entre otras (1). La Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia 2005 reporta una prevalencia de obesidad, estimada a partir del índice de masa corporal (IMC), de 8,8% para hombres y de 16,6% para mujeres (2).

Si bien, el IMC es el indicador más ampliamente usado para definir la obesidad, varios autores han demostrado que su mayor problema es la poca sensibilidad para diagnosticarla (3-5). Smalley *et al.* encontraron, en hombres y mujeres de 15 a 68 años, que el IMC captaba el 55,4% de las mujeres y el 44,3% de los hombres diagnosticados como obesos por el porcentaje de grasa (6). En individuos sanos se pueden obtener estimativos más exactos de la obesidad que los generados por el IMC mediante métodos de evaluación de la composición corporal como la hidrodensitometría, la impedancia bioeléctrica, la dilución de isótopos y los pliegues cutáneos, entre otros (7).

La hidrodensitometría es un método de referencia de amplio uso para estimar la composición

corporal, que asume varios supuestos: a) que el cuerpo se puede fraccionar en dos componentes, masa grasa con una densidad de 0,900 g/ml y masa libre de grasa con una densidad de 1,100 g/ml; b) que las densidades de estos componentes son aditivas y permanecen constantes entre los individuos y, c) que el sujeto evaluado sólo difiere del modelo de referencia en la proporción de grasa. Así, cuando se conoce la densidad de un individuo se puede estimar su porcentaje de grasa a partir de fórmulas como la de Siri o la de Brozek (8).

En el método de hidrodensitometría, el elemento central es la determinación del volumen corporal, ya que la densidad se obtiene de dividir el peso por el volumen. Para la medición del volumen existen dos técnicas, el desplazamiento de agua y el pesaje hidrostático; esta última es la más utilizada por su alta precisión. Al volumen corporal obtenido se le debe restar el volumen pulmonar residual y el de los gases intestinales (8).

La medición precisa del peso bajo el agua y del volumen pulmonar residual requieren de equipo complejo, una cantidad significativa de tiempo y una amplia colaboración del sujeto, por lo cual, el método hidrodensitométrico sólo se aplica a grupos pequeños de individuos (8,9). En consecuencia, para la valoración de la composición corporal en la práctica diaria o en estudios epidemiológicos, se han desarrollado métodos de campo más prácticos, rápidos y de bajo costo, como las ecuaciones de los pliegues cutáneos, que permiten obtener estimaciones aceptables del porcentaje de grasa (10).

Existen múltiples ecuaciones a partir de los pliegues cutáneos, algunas estiman la densidad corporal y obtienen el porcentaje de grasa a partir de las fórmulas de Siri o Brozek, otras estiman

Correspondencia:

Juan Carlos Aristizábal, Departamento de Formación Académica, Escuela de Nutrición y Dietética, Universidad de Antioquia, Carrera 75 N° 65-87, bloque 44, oficina 103, Medellín, Colombia.

Teléfonos: (094) 425 9219 y (094) 425 9232; fax: (094) 230 5007.

jcaristi@pijaos.udea.edu.co

Recibido: 04/03/08; aceptado: 17/07/08

directamente el porcentaje de grasa o de masa libre de grasa, pero todas se basan en la existencia de una relación entre los pliegues cutáneos y la densidad corporal: a mayor suma de pliegues cutáneos, menor es la densidad del sujeto y, por ende, mayor la proporción de grasa (10-12). La relación entre los pliegues cutáneos y la densidad corporal se modifica principalmente por la edad, el sexo y el grupo étnico, razón por la cual, las ecuaciones de pliegues son específicas de población y se deben validar antes de aplicarlas en una población diferente de la cual se obtuvieron (10,13,14).

Entre las ecuaciones de mayor uso se encuentran las de Jackson y Pollock (Jackson/Pollock) derivadas de 249 mujeres estadounidenses de 18 a 55 años y las de Durnig y Womersley (Durnig/Womersley) obtenidas de 272 mujeres escocesas de 16 a 72 años (12,15). Recientemente, Ramírez y Torun (Ramírez/Torun) derivaron ecuaciones de 83 mujeres guatemaltecas de 18 a 56 años, ecuaciones que los autores recomiendan para su aplicación en Latinoamérica (16).

La validación de las metodologías para estimar la composición corporal se realiza contra un método de referencia como la hidrodensitometría (8,12,16). Jackson/Pollock emplearon 60 mujeres en el rango de 17 a 40 años para la validación cruzada de sus ecuaciones, Ramírez/Torun utilizaron 40 mujeres entre 18 y 56 años y Durnig/Womersley no realizaron la validación cruzada de sus ecuaciones (12,15,16).

Dado que las ecuaciones de los pliegues cutáneos son de amplio uso en nuestro medio, tanto en instituciones de salud como en gimnasios y centros de estética, y que aún no se ha establecido su validez al aplicarlas a nuestra población, el objetivo del estudio fue validar las ecuaciones de Durnig/Womersley, Jackson/Pollock y Ramírez/Torun, con el método de referencia de la hidrodensitometría, en mujeres de 18 a 40 años.

### **Materiales y métodos**

Se llevó a cabo un estudio descriptivo de corte transversal con una muestra por conveniencia de 58 mujeres voluntarias entre 18 y 40 años, estudiantes y empleadas de la Universidad de

Antioquia, sin cirugías de reducción de grasa ni implantes de silicona, de las cuales, 52 completaron todas las pruebas.

A los sujetos se les informó el objetivo del estudio y las pruebas que se iban a realizar, y se obtuvo el consentimiento informado de cada una. Los métodos empleados son inocuos, por lo cual, se clasifica el estudio como de riesgo mínimo según la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud. Además, se obtuvo el aval del Comité Técnico de Investigación de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia.

Las evaluaciones se hicieron en el Laboratorio de Antropometría de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia. Se solicitó a los sujetos no ingerir alimentos productores de gases gastrointestinales 24 horas antes de la evaluación y tener un período de ayuno mínimo de cuatro horas. Antes de las mediciones los sujetos orinaron y defecaron, se retiraron el maquillaje y los accesorios y se pusieron un vestido de baño de dos piezas.

El peso corporal se midió con una báscula electrónica (*Detecto*) de 0,05 kg de precisión; la estatura, con un estadiómetro (*Handac*) de 0,1 cm de precisión; el perímetro de la cadera con una cinta métrica (*Lufkin*) de 0,1 cm de precisión; los pliegues cutáneos con un calibrador (*Harpender*) de 0,2 mm de precisión. Las mediciones se realizaron por duplicado; cuando se encontró una diferencia superior a 0,05 kg en el peso corporal, a 0,5 cm en la estatura y en el perímetro de cadera y a 1 mm en los pliegues cutáneos, se realizó una tercera medición (17,18).

El pesaje hidrostático se obtuvo al final de una espiración máxima, en un tanque de fibra de vidrio con el agua a  $36 \pm 0,2$  °C, con una báscula (*Chatillon*) de 0,02 kg de precisión, y con la medición simultánea del volumen pulmonar residual mediante la técnica de barrido de nitrógeno (espirómetro VMAX 22 *Sensormedics*). A cada sujeto se le realizaron tres pruebas o más hasta obtener la densidad corporal, con una variación de  $\leq 0,002$  g/ml (8).

El volumen corporal ( $V_c$ ) se obtuvo por la diferencia entre el peso fuera del agua ( $P_{fa}$ ) y el peso dentro

de ésta (Pea) y se corrigió por la densidad del agua (Da), así:  $Vc = (Pfa - Pea) / Da$  (8). Al Vc obtenido se le restaron el volumen pulmonar residual y el volumen del gas intestinal; de este último se acepta un promedio de 0,1 L en los adultos (8). La densidad corporal (Dc) se obtuvo de dividir el Pfa por el Vc, y se calculó el porcentaje de grasa (%G) por la ecuación de Siri:  $\%G = 4,95 / (Dc - 4,50)$  (8).

Se validaron las ecuaciones de Jackson/Pollock y Durnning/Womersley que estiman la densidad corporal y calculan el porcentaje de grasa con la ecuación de Siri, y la de Ramírez/Torun que estima directamente el porcentaje de grasa. Jackson/Pollock utiliza los pliegues tricipital, supraespal y muslo medio anterior,  $Dc = 1,099421 - 0,0009929 * (S3 \text{ pliegues}) + 0,0000023 * (S3 \text{ pliegues})^2 - 0,0001392 * (\text{edad en años})$ ; Durnning/Womersley emplea los pliegues bicipital, tricipital, subescapular e ileocrestal,  $Dc = (c - m) * \log(S4 \text{ pliegues})$ , donde c y m son constantes para cada grupo de edad, y Ramírez/Torun utiliza los pliegues tricipital, subescapular y abdominal y el perímetro de la cadera,  $\text{porcentaje de grasa} = -15,471 + (\text{tricipital} * 0,332) + (\text{subescapular} * 0,154) + (\text{abdominal} * 0,119) + (\text{cadera} * 0,356)$  (12,15,16).

Los datos se procesaron en SPSS 13.0. Los resultados se describen mediante el promedio y la desviación estándar; se determinó la normalidad de las variables por medio de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad (homogeneidad de varianzas) mediante la prueba de Levene.

Se aplicó la metodología descrita por Bellido para la validación de las ecuaciones: se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r) y el coeficiente de correlación intraclase (CCI); además, se utilizó la prueba t de Student pareada para la comparación de las medias y el procedimiento de Bland y Altman para establecer los límites de concordancia (19-21). Para el CCI se consideraron clínicamente relevantes los valores superiores a 0,6 (22,23).

## Resultados

Las características físicas de la población y su correlación con el porcentaje de grasa obtenido por hidrodensitometría se presentan en el cuadro 1. Se observaron correlaciones significativas del porcentaje de grasa con el peso corporal, el IMC y los pliegues cutáneos ( $p < 0,01$ ).

El porcentaje de grasa promedio fue  $29,6 \pm 5,8$  por hidrodensitometría,  $34,2 \pm 4,5$  por la ecuación de Durnning/Womersley,  $25,7 \pm 5,6$  por la ecuación de Jackson/Pollock y  $32,0 \pm 5,3$  por la ecuación de Ramírez/Torun (cuadro 2). Las diferencias entre el porcentaje de grasa promedio obtenido por las ecuaciones y el obtenido por hidrodensitometría fueron significativas ( $p < 0,000$ ). Asimismo, hubo diferencias ( $p < 0,000$ ) al comparar entre sí los resultados de las ecuaciones (cuadro 3).

No obstante, las diferencias en el porcentaje de grasa entre la hidrodensitometría y las ecuaciones de los pliegues cutáneos, la correlación entre sus resultados fue significativa ( $p = 0,000$ ), pero con

**Cuadro 1.** Características físicas de la población y su correlación con el porcentaje de grasa obtenido por hidrodensitometría.

Variables (n=52)	Promedio $\pm$ DE	Rango	Correlación Pearson
Edad (años)	$28,0 \pm 6,6$	18 a 40	0,119 ( $p = 0,339$ )
Peso (kg)	$57,2 \pm 8,7$	40,1 a 81,7	0,529 ( $p = 0,000$ )
Estatura (cm)	$159,9 \pm 6,1$	149,1 a 175,2	0,027 ( $p = 0,084$ )
IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	$22,3 \pm 4,0$	16,6 a 30,0	0,618 ( $p = 0,000$ )
Densidad corporal ( $\text{g}/\text{ml}$ )	$1,032 \pm 0,011$	1,006 a 1,051	-1,000 ( $p = 0,000$ )
Pliegue bicipital (mm)	$8,6 \pm 3,3$	3,8 a 18,9	0,717 ( $p = 0,000$ )
Pliegue tricipital (mm)	$19,9 \pm 5,2$	9,8 a 30,1	0,609 ( $p = 0,000$ )
Pliegue subescapular (mm)	$21,2 \pm 9,2$	8,2 a 49,8	0,589 ( $p = 0,000$ )
Pliegue ileocrestal (mm)	$33,7 \pm 9,0$	11,9 a 62,0	0,508 ( $p = 0,000$ )
Pliegue supraespal (mm)	$19,8 \pm 9,2$	5,7 a 43,0	0,667 ( $p = 0,000$ )
Pliegue abdominal (mm)	$28,1 \pm 9,8$	9,2 a 58,5	0,524 ( $p = 0,000$ )
Pliegue de muslo medio (mm)	$26,5 \pm 8,7$	13,1 a 51,0	0,434 ( $p = 0,001$ )
Perímetro de cadera (cm)	$96,4 \pm 5,8$	81,0 a 109,1	0,514 ( $p = 0,000$ )

**Cuadro 2.** Porcentaje de grasa obtenido por hidrodensitometría y por las ecuaciones de pliegues cutáneos.

Métodos	% Promedio	DE
Hidrodensitometría	29,6	5,8
Durning/Womersley	34,2	4,5
Jackson/Pollock	25,7	5,6
Ramírez/Torun	32,0	5,3

un  $r < 0,72$  (cuadro 4) y con valores del error estándar del estimado que oscilaron entre 3,72% y 4,16%. Las correlaciones entre las ecuaciones fueron significativas ( $p = 0,000$ ) con valores de  $r > 0,87$  (cuadro 4).

El coeficiente de correlación intraclase (CCI) entre la hidrodensitometría y las ecuaciones de los pliegues cutáneos fue significativo ( $p = 0,000$ ) y osciló entre 0,42 y 0,62 (cuadro 4). Igualmente, entre las ecuaciones el CCI fue significativo ( $p < 0,000$ ) y osciló entre 0,36 y 0,80 (cuadro 4). Los límites de concordancia entre la hidrodensitometría y las ecuaciones tuvieron una amplitud que

osciló entre 16,5 y 17,1, y entre las ecuaciones la amplitud osciló entre 9,8 y 10,9 (figura 1).

## Discusión

El IMC promedio ( $22,3 \pm 2,8 \text{ kg/m}^2$ ) fue menor que el observado en la Encuesta Nacional de Demografía y Salud 2005 para mujeres de la misma edad ( $24,6 \text{ kg/m}^2$ ) (2). Es interesante anotar que el 25% de las mujeres con IMC adecuado (entre 18,5 y  $25,0 \text{ kg/m}^2$ ) tenían exceso de grasa o eran obesas según el porcentaje de grasa ( $> 31\%$ ) y que el 7,7% de las que tenían sobrepeso (IMC entre 25 y  $30 \text{ kg/m}^2$ ) eran obesas (grasa  $> 33\%$ ) (1,24). Esta limitante del IMC para identificar los sujetos con exceso de grasa ha sido reportada por otros autores (5,6,).

La principal limitante del IMC es no diferenciar a expensas de cuál de los componentes, masa grasa o masa libre de grasa, se da la adecuación, el déficit o el exceso de peso, situación que podría subestimar la obesidad ya que el problema real del obeso es el exceso de grasa y no el sobrepeso

**Cuadro 3.** Diferencias del porcentaje promedio de grasa obtenido por hidrodensitometría y las ecuaciones de pliegues cutáneos.

Métodos	Diferencia media	Intervalo de confianza de 95%	
		Inferior	Superior
Hidrodensitometría - Durning/Womersley	-4,67*	-5,87	-3,48
Hidrodensitometría - Jackson/Pollock	3,81*	2,66	4,96
Hidrodensitometría - Ramírez/Torun	-2,49*	-3,67	-1,30
Durning/Womersley - Jackson/Pollock	8,49*	7,74	9,23
Durning/Womersley - Ramírez/Torun	2,19*	1,50	2,86
Jackson/Pollock - Ramírez/Torun	-6,30*	-7,05	-5,54

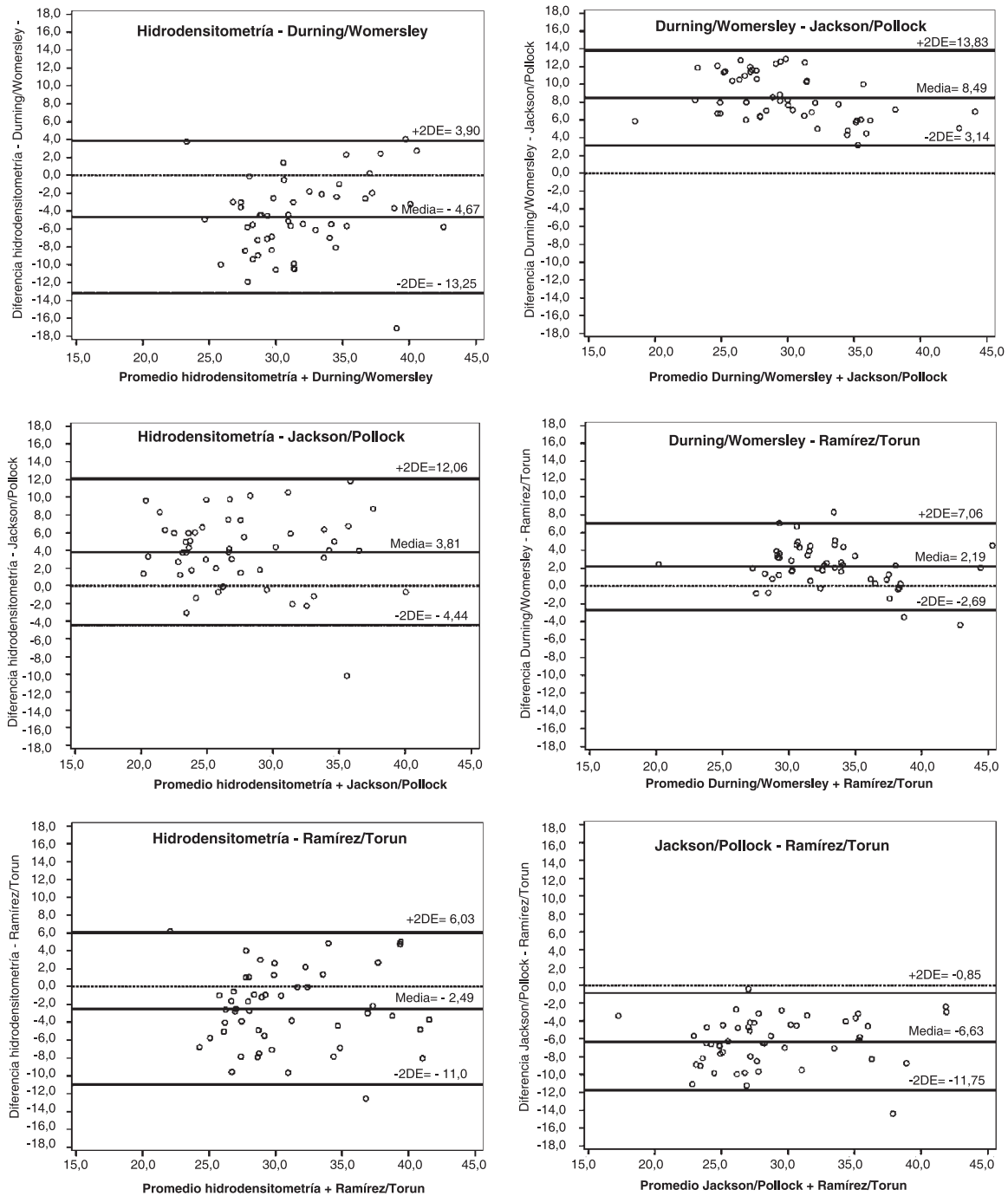
T pareada \*:  $p < 0,000$

**Cuadro 4.** Coeficiente de correlación de Pearson, coeficiente de correlación intraclase y límites de concordancia, del porcentaje de grasa obtenido por hidrodensitometría y las ecuaciones de pliegues cutáneos.

Métodos	Correlación Pearson	Correlación intraclase	Límites de concordancia <sup>1</sup>	
			Inferior	Superior
Hidrodensitometría - Durning/Womersley	0,626*	0,426*	-13,25	3,90
Hidrodensitometría - Jackson/Pollock	0,717*	0,578*	-4,44	12,06
Hidrodensitometría - Ramírez/Torun	0,676*	0,612*	-11,00	6,03
Durning/Womersley - Jackson/Pollock	0,885*	0,361*	3,14	13,83
Durning/Womersley - Ramírez/Torun	0,888*	0,799*	-2,69	7,06
Jackson/Pollock - Ramírez/Torun	0,877*	0,527*	-11,75	-0,85

<sup>1</sup>: método de Bland y Altman: límites de concordancia calculados como el promedio  $\pm$  dos desviaciones estándar de las diferencias.

\*:  $p < 0,000$ .



**Figura 1.** Grado de concordancia del porcentaje de grasa obtenido por hidrodensitometría y las ecuaciones de los pliegues cutáneos. La línea discontinua representa la diferencia nula entre los métodos (cero). Las líneas continuas representan el promedio (MD) de las diferencias entre los métodos y los límites de acuerdo, superior e inferior, calculados como el promedio más o menos dos desviaciones estándar de las diferencias (MD $\pm$ 2DE).

(1,25,26). En una población con alta prevalencia de enfermedades cardiovasculares, el utilizar el IMC como indicador único para definir la obesidad, podría retrasar la aplicación de medidas preventivas y de tratamiento oportuno para evitar complicaciones.

El grado de precisión con el cual se obtuvo la densidad corporal en los sujetos del presente estudio, las correlaciones significativas encontradas, similares a las reportadas en la literatura (11,12,16), entre el porcentaje de grasa con el peso, con el IMC y con los pliegues cutáneos, permiten concluir que el método hidrodensitométrico se aplicó correctamente.

Se observaron diferencias entre los porcentajes de grasa obtenidos por las ecuaciones de pliegues cutáneos respecto al obtenido por hidrodensitometría, así las ecuaciones de Durning/Womersley y de Ramírez/Torun sobrestimaron la grasa, mientras la de Jackson/Pollock la subestimó. Al respecto se debe tener en cuenta que las ecuaciones asumen que en grupos de la misma edad y sexo, el grosor de la capa de grasa subcutánea es representativa de la grasa corporal, que los sitios donde se miden los pliegues son representativos de la grasa subcutánea y que no existen diferencias en los patrones de distribución de grasa (14). Cuando los supuestos anteriores no se cumplen las ecuaciones de predicción presentan pobres resultados (13,14).

Al comparar el porcentaje de grasa obtenido por hidrodensitometría en las mujeres de 20 a 40 años evaluadas por Durning/Womersley y las del presente estudio, no se encontraron diferencias significativas (29,6:30,5%,  $p=0,5743$ ). Sin embargo, al aplicar la ecuación de Durning/Womersley a la población en estudio, se observó una sobrestimación del 4,7% con respecto al método hidrodensitométrico que podría obedecer, entre otras, a diferencias en los patrones de acumulación de grasa, dado que las mujeres evaluadas en el presente estudio, respecto a las de Durning/Womersley, tuvieron mayor acumulación de grasa sobre la cresta iliaca (33,7:19,1mm,  $p<0,000$ ).

Asimismo, es de resaltar que el pliegue de la cresta iliaca de las mujeres evaluadas en el presente estudio aportó el 40% de la suma de pliegues de

la ecuación de Durning/Womersley; sin embargo, este pliegue presentó la menor correlación con el porcentaje de grasa ( $r=0,508$ ). Lo anterior hace suponer que el pliegue de la cresta iliaca no fue un buen predictor de la grasa en estas mujeres y fue, en parte, el responsable de la sobreestimación de la grasa por dicha ecuación.

Además de la sobreestimación de la grasa corporal, la ecuación de Durning/Womersley presentó un elevado error de estimación (4,16%), la más baja concordancia (0,43) y un amplio intervalo de acuerdo con la hidrodensitometría (-13,2 a 3,9), por lo cual, sus resultados no son intercambiables con este método. La ecuación de Durning/Womersley es ampliamente utilizada a pesar de la sobreestimación referida por varios autores (16,27-29) y observada en este estudio.

Al comparar los porcentajes de grasa obtenidos por hidrodensitometría en las mujeres evaluadas por Jackson/Pollock y las del presente estudio se encontraron diferencias significativas (24,4:29,6%,  $p=0,000$ ). Al aplicar esta ecuación al grupo en estudio se observó una subestimación de 3,81% de la grasa respecto al método hidrodensitométrico, resultados similares a los reportados por otros autores (27,29,30). Esta subestimación podría obedecer, entre otras, a diferencias en los patrones de acumulación de grasa, dado que las mujeres evaluadas si bien presentaron un porcentaje de grasa mayor que las de Jackson/Pollock, tuvieron una menor acumulación de grasa en el muslo (26,5:29,5mm,  $p=0,0147$ ) y mayor a nivel supraespinal (19,8:14,0mm,  $p=0,0000$ ).

La ecuación de Jackson/Pollock presentó una correlación de  $r=0,72$  con la hidrodensitometría y un error de estimación de la grasa de 3,72%, que la clasifica como buena, según los criterios de Lohman para juzgar las metodologías de predicción de la composición corporal (25). Sin embargo, el bajo nivel de concordancia (0,58) y el amplio intervalo de la misma (-4,4 a 12,1) con la hidrodensitometría hace que sus resultados no sean intercambiables con este método (20,31).

Como ha sido referido por varios autores las diferencias étnicas en la distribución del tejido adiposo subcutáneo pueden alterar la relación

entre los pliegues cutáneos y el porcentaje de grasa (13,14). Se ha observado tendencia a un mayor depósito de grasa central en los hispanos, negros e indígenas americanos que en los caucásicos como los evaluados por Durning/Womersley, y Jackson/Pollock (27,32,33), lo cual podría ser la causa de los pobres resultados al validar estas ecuaciones en nuestra población.

La ecuación de Ramírez/Torun fue desarrollada en población guatemalteca con características similares a las mujeres del presente estudio en cuanto a porcentaje de grasa (31,2:29,6,  $p=0,1396$ ), pliegue tricipital (20,0:19,9,  $p=0,9217$ ), subescapular (20,2:21,2,  $p=0,4640$ ) y abdominal (25,9:28,1,  $p=0,1311$ ) y perímetro de cadera (95,0:96,4,  $p=0,2922$ ). Al aplicar esta ecuación a la población en estudio se observó una sobrestimación de la grasa (2,49%) con respecto al método hidrodensitométrico, diferencia menor a la obtenida con las ecuaciones de Durning/Womersley y Jackson/Pollock y que se encuentra dentro del error de predicción establecido por los autores (16).

La ecuación de Ramírez/Torun presentó una correlación de  $r=0,67$  con la hidrodensitometría y un error de estimación de 3,94% que la clasifica como buena, según el criterio de Lohman (25). De las ecuaciones antropométricas, ésta presentó el mayor nivel de concordancia (0,61); sin embargo, el amplio intervalo de concordancia con la hidrodensitometría (-11,00 a 6,03) no permite que sus resultados sean intercambiables con este método (20,31).

Es importante resaltar que las ecuaciones antropométricas son específicas de población, dado que la relación entre las medidas corporales y el porcentaje de grasa se modifica con la edad, el sexo y el grupo étnico (10,13,14). En este estudio, la mayor exactitud y concordancia de la ecuación de Ramírez/Torun con la hidrodensitometría podría obedecer a que la población guatemalteca, mezcla de europeos e indígenas-americanos, es más semejante a nuestra población producto de un mestizaje de europeos, indígenas-americanos y africanos.

Al comparar los resultados entre las ecuaciones de Durning/Womersley, Jackson/Pollock y Ramírez/Torun se observaron diferencias

significativas que pueden obedecer a que éstas se desarrollaron en poblaciones con características somáticas diferentes o a que emplean modelos matemáticos distintos. A pesar de que las ecuaciones de Durning/Womersley y Ramírez/Torun presentaron elevadas correlaciones ( $r>0,79$ ) y límites de concordancia (9,75) dentro del rango aceptable ( $<10,0$ ), las diferencias significativas entre sus promedios no permiten que los resultados sean intercambiables (20,31).

En resumen, aunque los mejores resultados se obtuvieron con la ecuación de Ramírez/Torun, todas las ecuaciones presentaron pobre validez en la predicción del porcentaje de grasa, con diferencias significativas con la hidrodensitometría, una baja concordancia y unos amplios límites de la misma. Se recomienda utilizar los resultados de las ecuaciones de los pliegues cutáneos más para seguimiento que para la toma de decisiones en el ámbito clínico.

El presente estudio constituye el punto de partida para la validación y formulación de ecuaciones para estimar la composición corporal en diferentes grupos de edad y sexo de nuestra población. Inicialmente, se abordaron mujeres porque presentan una prevalencia de obesidad mayor que los hombres en nuestro país. Se evaluaron mujeres entre los 18 y 40 años porque a esta edad la densidad de la masa grasa y de la masa libre de grasa permanecen relativamente constantes, lo cual, valida la aplicación de la densitometría bajo inmersión como método de referencia para la estimación de la composición corporal (7). Es necesario continuar esta línea de investigación en diferentes grupos de población, no sólo en lo referente a la validación de ecuaciones de pliegues de grasa y de otros métodos de campo como la impedancia bioeléctrica y la luz infrarroja, sino en el desarrollo de ecuaciones y metodologías específicas para la población colombiana por etnia y niveles de actividad física, ya que las metodologías de predicción de la composición corporal deben cumplir con el criterio de la especificidad de la población para su correcta aplicación.

### Agradecimientos

A cada una de los sujetos que participaron en el estudio, a Gustavo Cediell y Maritza Sora por su



apoyo en la recolección de la información y a Alejandro Estrada por su soporte en el análisis estadístico de los datos.

### Conflicto de intereses

Los autores del artículo dan fe de que no existió conflicto de intereses entre los sujetos evaluados, el ente financiador y los investigadores, en el desarrollo del presente trabajo.

### Financiación

El presente estudio fue financiado por el Comité para el desarrollo de la investigación de la Universidad de Antioquia (CODI) y la Universidad de Antioquia.

### Referencias

1. **World Health Organization.** Obesity: preventing and managing the global epidemic. In: Report of WHO Consultation. WHO Technical reports 894. Geneva: WHO; 2000. p. 1-61.
2. **Instituto Colombiano de Bienestar Familiar.** Valoración del estado nutricional por indicadores antropométricos. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. Bogotá D.C: Panamericana Formas e Impresos S.A.; 2005. p. 69-122.
3. **Oliveira FL, Taddei JA, Escrivão MA, Cobayashi F, Barros ME, Vítolo MR, et al.** Accuracy of obesity diagnosis in Brazilian adolescents: comparison of Cole et al and Must et al criteria with DXA percentage of fat mass. *Nutr Hosp.* 2006;21:484-90.
4. **Womersley J.** A comparison of the skinfold method with extent of "overweight" and various weight-height relationships in assessment of obesity. *Br J Nutr.* 1977; 38:271-84.
5. **Wang WW, Stuff JE, Butle NF, Smith EO, Ellis KJ.** Estimating body fat in African American and white adolescent girls: a comparison of skinfold-thickness equations with a 4-compartment criterion model. *Am J Clin Nutr.* 2000;72:348-54.
6. **Smalley KJ, Knerr AN, Kendrick ZV, Colliver JA, Owen OE.** Reassessment of body mass indices. *Am J Clin Nutr.* 1990;52:405-8.
7. **Brodie DA.** Techniques of measurement of body composition. Part I. *Sports Med.* 1988;5:11-40.
8. **Going SB.** Densitometry. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition.* Champaign IL: Human Kinetics Publishers; 1996. p. 3-22.
9. **Durnin JV, Rahaman MM.** The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br J Nutr.* 1967;21:681-9.
10. **Lohman TG.** Skinfolds and body density and their relation to body fatness: A review. *Hum Biol.* 1981;53: 181-225.
11. **Jackson AS, Pollock ML.** Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978;40:497-504.
12. **Jackson AS, Pollock ML.** Practical assessment of body composition. *Phys Sports Med.* 1985;13:76-89.
13. **Bellizari A, Roche AF.** Antropometría y ecografía In: Heymsfield SB, Lohman TG, Wang ZM, Going SB. *Composición corporal.* 2ª Edición. México D.F.: McGraw-Hill; 2005. p. 109-28.
14. **Deurenberg P, Deurenberg-Yap M.** Validity of body composition methods across ethnic population groups. *Acta Diabetol.* 2003;40(Suppl.1):S246-9.
15. **Durnin JV, Womersley J.** Body fat assessed from total body density and its estimation from skin fold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974;32:77-97.
16. **Ramirez-Zea M, Torun B, Martorell R, Stein AD.** Anthropometric predictors of body fat as measured by hydrostatic weighing in Guatemalan adults. *Am J Clin Nutr.* 2006; 83:795-802.
17. **Harrison G, Buskirk ER, Carter JE, Johnston FE, Lohman TG, Pollock ML, et al.** Skinfold thicknesses and measurement technique. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual.* Champaign IL: Human Kinetics Publishers; 1988. p. 55-70.
18. **Marfell-Jones M.** Kinanthropometric assesement. Guidelines for athlete assesement in New Zealand sport kinanthropometric assesement. 2000. [Consultado: 3 de mayo de 2006]. Disponible en: [http://www.ljmu.ac.uk/ECL/ECL\\_docs/2.08\\_KinanthrEometric\\_Asses.pdf](http://www.ljmu.ac.uk/ECL/ECL_docs/2.08_KinanthrEometric_Asses.pdf)
19. **Bellido D, Carreira J.** Desarrollo de ecuaciones predictivas para el cálculo de composición corporal por impedanciometría. *Rev Esp Obes.* 2006;4:97-106.
20. **Bland JM, Altman DG.** Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1:307-10.
21. **Mantha S, Roizen MF, Fleisher LA, Thisted R, Foss J.** Comparing methods of clinical measurement: reporting standards for bland and altman analysis. *Anesth Analg.* 2000;90:593-602.
22. **Landis JR, Koch GG.** The measurement of observed agreement for categorical data. *Biometrics.* 1997;33: 159-74.
23. **Barnhart HX, Lokhnygina Y, Kosinski AS, Haber M.** Comparison of concordance correlation coefficient and coefficient of individual agreement in assessing agreement. *J Biopharm Stat.* 2007;17:721-38.

24. **Sociedad Española para el Estudio de la Obesidad (SEEDO).** Consenso SEEDO 2000 para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. *Med Clin (Barc)* 2000;115:589-97.
25. **Lohman TG.** Basic concepts in body composition assessment. In: Lohman TG, editor. *Advances in body composition assessment*. Champaign IL: Human Kinetics Publishers; 1992. p. 1-5.
26. **Lohman TG.** Prediction equations and skinfolds, bioelectric impedance, and body mass index. In: Lohman TG, editor. *Advances in body composition assessment*. Champaign IL: Human Kinetics Publishers; 1992. p. 37-56.
27. **Zillikens MC, Conwa JM.** Anthropometry in blacks: applicability of generalized skinfold equations and differences in fat patterning between blacks and whites. *Am J Clin Nutr.* 1990;52:45-51.
28. **Norton K.** Estimación antropométrica de la grasa o adiposidad. En: Norton K, Olds T, editors. *Antropometría*. Rosario: Biosystem Servicio Educativo; 2000. p. 116-36.
29. **Eston RG, Fu F, Fung L.** Validity of conventional anthropometric techniques for predicting body composition in healthy Chinese adults. *Br J Sports Med.* 1995;29:52-6.
30. **Peterson MJ, Czerwinski SA, Siervogel M.** Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. *Am J Clin Nutr.* 2003;77:1186-91.
31. **Moreno VM, Gómez JB, Antoranz MJ.** Medición de la grasa corporal mediante impedancia bioeléctrica, pliegues cutáneos y ecuaciones a partir de medidas antropométricas. *Análisis comparativo. Rev Esp Salud Pública.* 2001;75:221-36.
32. **Wang J, Thornton JC, Russell M, Burastero S, Heymsfield S, Pierson RN.** Asians have lower body mass index (BMI) but higher percent body fat than do whites: comparisons of anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr.* 1994;60:23-8.
33. **Casas G, Schiller BC, DeSouza CA, Seals DR.** Total and regional body composition across age in healthy Hispanic and white women of similar socioeconomic status. *Am J Clin Nutr.* 2001;73:13-8.